

Aus dem Institut für Geflügelkrankheiten
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

Direktor: Professor Dr. H. Geißler
und

aus dem Institut für Veterinärphysiologie
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

Direktor: Professor Dr. H. Eder

Untersuchungen zur Kohlendioxid-Belastbarkeit des Huhnes

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
bei dem Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

Eingereicht von
Wolfdietrich Eidmann
Tierarzt aus Gießen

Gießen 1973

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Geflügelkrankheiten
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

Direktor: Professor Dr. H. Geißler
und

aus dem Institut für Veterinärphysiologie
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

Direktor: Professor Dr. H. Eder

Untersuchungen zur Kohlendioxid-Belastbarkeit des Huhnes

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
bei dem Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

Eingereicht von
Wolfdietrich Eidmann
Tierarzt aus Gießen

Gießen 1973



Dekan: Prof.Dr. E. weiss

Berichterstatter: Prof.Dr. H. Geissler

Tag der Prüfung: 15.6.1973

Inhaltsverzeichnis

	S.
A. Einleitung	1
B. Literatur	2
1. Das Atmungssystem der Vogellunge	4
2. Die Belastbarkeit des Organismus	6
3. Der Organismus und seine Umwelt	7
C. Material und Methoden	
4. Versuchstiere	10
5. Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung	11
6. Kontrolle der Gaskonzentration	12
7. Blutentnahmetechnik	13
8. Messung des pO_2 und pCO_2 unter gleichzeitiger Bestimmung des pH-Wertes im venösen Blut.	14
9. Hämoglobin - Messung im venösen Blut des Geflügels	14
10. Die Hämatokrit - Bestimmung	15
11. Die Erythrozyten - Zählung	15
D. Ergebnisse	
12. Der Einfluß der Bewegung der Tiere vor der Blut- entnahme auf die Größe der Blutgas- und -pH-Werte	16
13. Die Aufstellung der Normalwerte von pO_2 , pCO_2 , dem pH-Wert, dem Hämoglobingehalt, Hämatokrit und den Erythrozyten im venösen Hühnerblut.	16
14. CO_2 - Belastungsversuche	
14.1 Belastungsversuche mit steigenden CO_2 -Werten in 24-Stunden-Stufen.	20
14.2 Belastungsversuche mit konstanten CO_2 -Werten über 120 Stunden.	20
15. Kohlendioxid-Messungen in Geflügelintensivbetrieben	27

E. Besprechung der Ergebnisse

16. Einfluß der Bewegung der Tiere vor der Blutentnahme auf die Größe der Blutgas- und Blut-pH-Werte.	28
17. Besprechung der Normalwerte	29
18. Diskussion der CO ₂ -Belastungsversuche mit steigendem CO ₂ -Gehalt in 24-Stunden-Stufen.	30
19. Diskussion der CO ₂ -Belastungsversuche mit konstantem CO ₂ -Gehalt in der Umwelt über 120 Stunden	32
19.1 0,3 Vol % CO ₂ in der Umwelt über 120 Stunden	32
19.2 0,6 Vol % CO ₂ in der Umwelt über 120 Stunden	33
19.3 1,2 Vol % CO ₂ in der Umwelt über 120 Stunden	33
20. Folgerungen für eine tierschutzgerechte Haltung	42

F. Zusammenfassung 44

G. Literaturverzeichnis 45

H. Lebenslauf 52

A. Einleitung.

Kohlendioxid (CO_2) ist ein gasförmiges Stoffwechselprodukt, welches im intermediären Stoffwechsel des Organismus entsteht und ausgeatmet wird.

In der Außenluft kommt CO_2 zu etwa 0,03 % und in der Ausatemluft zu etwa 4 - 5 % vor.

Diese CO_2 -Ausatmung führt im geschlossenen Stall zu einer Anreicherung dieses Gases.

Der zulässige obere CO_2 -Gehalt in der Stallluft ist in der Norm DIN 18910 (Klima im geschlossenen Stall) festgelegt und beträgt zur Zeit 0,35 Vol %.

Der für die Neufassung der DIN 18910 vorgeschlagene Höchstwert von 0,5 Vol % CO_2 entspricht dem MAK - Wert (Maximale Arbeitsplatzkonzentration) des Menschen.

Jener Kohlendioxidwert ist definitionsgemäß nur auf eine achtstündige Einwirkungszeit am Arbeitsplatz beschränkt.

Die unterschiedlichen Stoffwechselverhältnisse von Mensch und Geflügel und die Zwischenfälle, insbesondere bei Winterbelüftung, lassen es als sicher erscheinen, daß die in der DIN 18910 angegebenen Werte zu hoch angesetzt und nicht ohne weiteres auf Geflügel übertragbar sind.

Angaben über die CO_2 - Werte in der Literatur inbezug auf Wohlbefinden, Leistung und Gesundheit der Tiere in den Geflügelintensivställen sind selten (Scholz 1971); die teils abweichenden Angaben erfordern eine Überprüfung der oberen CO_2 -Konzentrationsgrenze, die über die Belastungsdauer von acht Stunden des MAK - Wertes vertretbar ist.

Diese Forderung hat auch im Hinblick auf die Aufstellung der Normen im Rahmen der Tierschutzgesetzgebung zum gegenwärtigen Zeitpunkt besondere Bedeutung.

In der vorliegenden Arbeit wird die Auswirkung der CO_2 -Konzentration in der Umwelt auf die Blutgase O_2 , CO_2 und den Blut-pH-Wert untersucht.

B. Literatur

Die derzeitige Grundlage zur Berechnung des Stallklimas ist die Norm DIN 18910 (Klima im geschlossenen Stall).

Die Berechnung des optimalen Stallklimas für Geflügel wird nach dieser Norm unter Zugrundelegung einer Großvieheinheit (1 GV) errechnet.

(1 GV = 500 kg Körpergewicht)

Diese Berechnungsgrundlage berücksichtigt aber nicht, daß die für Großvieh geltenden Werte nicht ohne weiteres auf Geflügel übertragbar sind, da nach dem Gesetz der Stoffwechselreduktion kleine Tiere einen größeren Stoffwechsel haben als große.

Die in der DIN 18910 aufgenommenen Kohlendioxidwerte stellen lediglich Erfahrungswerte dar, mit denen derzeitig der stündliche Luftbedarf zur Einhaltung eines Maximal-Zulässigen-Kohlendioxid-Gehaltes der Stallluft berechnet wird (AEL, Heft 6 / 68).

Der höchst zulässige Gehalt der Stallluft an CO_2 wird 1968 mit 0,35 % angegeben ; für die Neufassung der DIN 18910 ist der Höchstwert von 0,5 % CO_2 vorgeschlagen worden.

Dieser Wert entspricht dem MAK-Wert des Menschen, der wie folgt definiert wird :

" Als Maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK - Wert) eines gas- , dampf- oder staubförmigen Arbeitsstoffes bezeichnet die Kommission diejenige Konzentration in der Luft eines Arbeitsraumes, gemessen in der Arbeitshöhe, von der sie nach sorgfältiger Prüfung der vorhandenen Unterlagen erwartet, daß diese Konzentration, selbst bei täglich acht-stündiger Einwirkung, im allgemeinen die Gesundheit der im Arbeitsraum Beschäftigten nicht schädigt. "

Es gibt nur wenige Untersuchungen, die sich auf die Auswirkung von CO_2 auf das Geflügel beziehen, wobei die Problematik der Geflügel-intensivhaltung inbezug auf CO_2 nur in wenigen Fällen anklingt.

Lehmeyer und Deutsch (1927 / 28) fanden bei ihren Untersuchungen CO_2 - Konzentrationen von 0,3 - 0,4 % in den Stallungen.

Nach Post (1965) schwankt der CO_2 - Gehalt der Stallluft zwischen 0,3 und 0,5 % , wobei im Winter die größten Unterschiede auftreten sollen.

Romijn und Lokhorst (1966) geben einen einzuhaltenden Wert von 0,5 % an, der in der Abluft zu messen ist.

Nach Anderson et al. (1966) treten bei Küken, die längere Zeit in einer 0,5 - 0,6 % igen CO_2 -Umwelt leben, keine Gesundheitsschäden auf. Löliger (1969) hat bei 3,5 % CO_2 Gesundheitsschäden beschrieben. Kösters und Müller (1969 / 70) untersuchten den CO_2 -Gehalt der Stallluft in Intensivbetrieben mit verschiedenen Haltungsformen und fanden Werte von 0,08 - 0,25 Vol % CO_2 .

Hielbacka et al. (1969) untersuchten den Einfluß des CO_2 auf Legehennen und stellte fest, daß die Tiere bei 2 - 5 % CO_2 erschöpft waren und weniger Eier legten, kaum Futter aufnahmen und nur etwas Wasser tranken. Borchert (1960) fordert einen CO_2 -Gehalt der Stallluft, der unter 0,35 % liegt.

Die Atmungsluft nimmt gemäß ihrer Zusammensetzung am Gasaustausch im Organismus teil. Angaben der Partialdrucke im Blut für Sauerstoff und Kohlendioxid, sowie für den Blut-pH-Wert werden von Bell und Freeman (1971) zusammengefaßt. Die Daten unterscheiden sich durch unterschiedliche Untersuchungstemperatur und Entnahmetechnik des Blutes. Ferner werden keine Angaben über die Rasse der Tiere gemacht.

Tab. 1

Blutgaspartialdrucke und Blut-pH-Werte im venösen Hühnerblut.

Untersucher	Temp.	pO ₂	pCO ₂	pH	Entnahme
Morgan u. Chichester (1935)	40,0°C	48	48	-	Herzpunktion
Müller (1966)	-	-	51	7,30	Flügelvene
Hunt u. Simkiss (1967)	41,5	-	36,9	7,40	Flügelvene
	41,5	-	37,6	7,39	"

Gothe und Riethmüller (1972) geben als Normalwerte für 3 - 4 Wochen alte HNL - Leghornküken folgende Werte an : Temperatur : $37,5^{\circ}\text{C}$, pO_2 : 37,77 ; pCO_2 : 39,21 ; pH : 7,46 .

1. Das Atmungssystem der Vogellunge.

Die wissenschaftlichen Untersuchungen der Vogellunge reichen von Coiter (1573) bis hin zu den vergleichenden Untersuchungen phylogenetisch verschieden entwickelter Vögel durch Duncker (1971). Dennoch sind viele Fragen unbeantwortet, welche die funktionelle Anatomie der Vogellunge betreffen.

Der Grund hierfür mag in der Vielfalt der anatomischen Struktur und der entsprechenden Funktion innerhalb der Spezies zu suchen sein. Durch die zunehmende wirtschaftliche Bedeutung des Geflügels erlangt die Kenntnis vom Respirationstrakt mehr Interesse, da in bezug auf Erkrankungen die Erreger entweder über den Atmungsapparat aufgenommen werden oder sich in ihm ansiedeln (Anderson et al. 1964)

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts unterteilte man den Atmungsapparat des Geflügels in ein Gasaustausch- und ein Ventilationssystem. Diese Gliederung wird heute noch aufrechterhalten und in der jeweilig stammesgeschichtlichen Entwicklungsstufe ergänzt.

Die Lunge selbst besteht aus einem meist soliden Röhrensystem, welches beidseitig offen ist und mit der Luftröhre und den Luftsäcken in Verbindung steht. Dieses Bronchialsystem der Vogellunge wird in einer Richtung kontinuierlich belüftet, sowohl in der Inspirations- als auch in der Expirationsphase (Haselhoff 1951).

Duncker (1971) bestätigte die Untersuchungen Haselhoffs und konnte seinerseits das Gasaustauschsystem unterteilen in eine Paleopulmo und eine Neopulmo.

Die Neopulmo ist eine zusätzliche Gasaustauscheinheit, welche bei den höher entwickelten Spezies zur Ausbildung kommt und wahrscheinlich den Gasaustausch in der Ruhephase vollzieht.

Während die **Paleopulmo** den größten Teil der Vogellunge darstellt, verbindet das Parabranchialnetz der **Neopulmo** den Primärbronchus, den Laterobronchus und die hinteren Luftsäcke.

Die **Neopulmo** nimmt nie mehr als 20 % des Lungenvolumens und gewöhnlich nur 10 % des Parabranchialanteiles ein.

Der Unterschiedliche Sauerstoff- und Kohlendioxidgehalt der Luftsäcke (**Sturkie 1965**, **Scheid und Piiper 1967**, **Scheid und Piiper 1968**) ändert sich während der verschiedenen Atemphasen.

In der Ruhe zeigen Interclavicular- und vorderer Brustluftsack einen hohen CO_2 - , die hinteren Luftsäcke einen niederen CO_2 -Gehalt, d.h., in der Ruhe ventiliert die Atemluft hauptsächlich zwischen der Luftröhre und den hinteren Luftsäcken.

Die Einatemluft erreicht die Luftsäcke zu $1/3 - 1/2$ über das Parabranchialnetz und die Ausatemluft wird zu $2/3$ über dieses System abgeatmet.

Durch diese funktionelle Zirkulation ist der Totraum dieses Atmungssystems sehr klein, die Lunge selbst in ihrer Leistung sehr effektiv.

Das Parabranchialnetz der **Neopulmo** unterscheidet sich nicht von dem der **Paleopulmo** (**Duncker 1971**).

Da die **Paleopulmo** sich zwischen dem Primärbronchus, dem Laterobronchus und den hinteren Luftsäcken entwickelt, muß die inspirierte Luft den umgekehrten Weg wieder durch die **Neopulmo** vollziehen, da die hinteren Luftsäcke keine weiteren Verbindungen haben.

Die **Neopulmo** unterscheidet sich von der **Paleopulmo** mit ihrem Einwegstrom durch ihre der Atmung angepaßten Zweiwegströmung.

Beim Huhn ist der hintere Brustluftsack zu 50 % , der abdominale Luftsack funktionell vollständig über die **Neopulmo** verbunden.

Selbst bei geringer Atmungsintensität, deren Druckdifferenz nicht ausreicht, die **Paleopulmo** zu ventilieren, kommt es während der Inspiration und Expiration zu einem Gasaustausch in der **Neopulmo**.

Sobald aber tiefere Atemzüge zur Ventilation durchgeführt werden, kommt es durch die Druckdifferenz in dem Leitungssystem der Bronchen zu einer zusätzlichen Ventilation der größeren **Paleopulmo**.

Der anatomische Aufbau der Vogellunge setzt eine partiell schon funktionstüchtige Entwicklung des Parabranchialnetzes vor dem Schlupf voraus, da das Lungensystem starr ist und sich nicht wie beim Säuger in die gasaustauschenden Einheiten (**Alveolen**) entfalten kann.

2. Die Belastbarkeit des Organismus.

Eine tierschutzgerechte Geflügelintensivhaltung erfordert eine grundlegende Kenntnis über die Belastbarkeit des Geflügels selbst.

Ein besonderes Interesse kommt hierbei der zulässigen CO_2 -Konzentration der Stallluft zu, welche auf Mensch und Tier einwirkt.

Für den Menschen bestimmt der Mak-Wert die zulässige Grenze; für das Geflügel sind diese Daten zu erarbeiten (Scholz 1971).

Eine Erhöhung des CO_2 -Partialdruckes hat für Tier und Mensch Folgen, die sich aus der Rolle der Kohlensäure für die Atem- und Kreislaufregulation ergeben.

Ein erhöhter CO_2 -Partialdruck im Blut führt zu einer Steigerung des Blutdruckes und der Pulsfrequenz. Ferner kommt es zu einer Erhöhung der Atemfrequenz und der Atemtiefe, einer Steigerung des Atem-Minuten- und des Herz-Minuten-Volumens.

Dieser Regulationsmechanismus dient dazu, die Konstanz des Gasaustausches in einem optimalen Bereiche aufrechtzuerhalten (Lehmann 1961).

Ist der menschliche Aufenthalt in erhöhter- pCO_2 -Umwelt zeitlich begrenzt, so werden die Tiere in den Geflügelintensivhaltungen sogar über längere Zeit unter erhöhten CO_2 -Partialdrücken gehalten, die neben anderen Parametern das Wohlbefinden stören und schließlich im Extremfalle das Leben der Tiere beenden können.

Die Belastbarkeit eines Organismus kann sicher unter vielen Gesichtspunkten geprüft werden.

Im vorliegenden Falle wird besonderer Wert auf eine durch CO_2 veränderte meßbare Reaktionslage gelegt, die mit zur Verfügung stehenden Instrumenten dargestellt wird.

3. Der Organismus und seine Umwelt.

Jeder Organismus steht mit seiner Umwelt in einer engen Beziehung.

Bei einer Änderung der Umweltverhältnisse wird somit auch eine Änderung der Reaktionslage des Organismus selbst erfolgen.

Die im Falle einer CO_2 -Partialdruck - Veränderung auftretende Relation zwischen Umwelt und Organismus wurde von Helbacka unter anderen Gesichtspunkten erforscht und bestätigt. Er konnte nachweisen, daß die von Hunt und Aithen (1962) erzeugte metabolische Acidose durch Beifütterung von NH_4Cl die gleichen Erscheinungen bringt wie die respiratorische Acidose durch Erhöhung des CO_2 -Gehaltes der Umwelt. Beide Untersucher erhielten eine Zunahme des Eiweißes im Ei und eine Abnahme der Schalendicke und eine Senkung des Blut - pH von 7,42 auf 7,28 .

Kohlendioxid ist ein geruchloses Gas mit einem Molekulargewicht von 44,01 und einem spez. Gewicht von 1,529, somit ist dieses Gas schwerer als Luft und im geschlossenen Stall am Boden vermehrt nachweisbar. Kohlendioxid entsteht bei der Oxidation von Kohlenstoff durch die Tiere selbst und zu einem mehr oder minder großen Anteil durch Fäulnisprozesse des im Stall befindlichen Kotes .

Bei vermehrter Anreicherung dieses Gases kann CO_2 zum Schadgas in den Geflügelintensivställen werden.

Der Organismus steht ständig über den Atmungsapparat mit seiner jeweiligen gasförmigen Umwelt in Verbindung. Die diesbezüglichen physiologischen Reaktionsfolgen im Respirationssystem des Geflügels sind noch nicht vollständig abgeklärt und wurden erst in neuerer Zeit durch einige Untersuchungen in bezug auf Atemgrößen erweitert (Scheid, P., Piiper, J. 1967; Scheid, P., Piiper, J., Pfeifer, K. 1968 ; Scheid, P., Piiper, J. 1969 ; Ray, P.J., Fedde, H.R. 1969 ; Piiper, J., Drees, F. , Scheid, P. 1970 ; Scheid, P., Piiper, J. 1970).

Die Atmung umfaßt die äußere Atmung (Aufnahme von O_2 und Abgabe von CO_2 durch den Körper) und die innere Atmung im intermediären Zellstoffwechsel (Gasaustausch zwischen den Zellen und deren Flüssigkeitsmedium)

Die trockene Luft enthält unter normalen Bedingungen 20, 98 % O_2 , 0,04 % CO_2 , 78,06 % N_2 und 0,92 % Edelgase (Helium , Neon,Argon...)

Der Anteil des jeweiligen Gases in dem Gasgemisch übt einen Druck aus, welcher als Partialdruck am Gesamtdruck des Gasgemisches teilnimmt. Jedes Atemgas nimmt gemäß seines Teildruckes an der Diffusion teil, die im Gasaustauschsystem des Organismus stattfindet.

Mittler zwischen der inneren und äußeren Atmung ist das Kreislaufsystem des Organismus.

Die im Blute gelösten Gase werden von spezifischen Trägersystemen reversibel gebunden. Der Hauptträger des Sauerstoffes sind die Erythrozyten, die beim Geflügel kernhaltig sind. In diesen Erythrozyten befindet sich das Hämoglobin, ein Eiweißkörper, der eigentliche O_2 -Träger. Die mit der reversiblen Bindung einhergehende Strukturveränderung des Hämoglobins erhöht die Transportfähigkeit des Blutes für O_2 auf das 70 - fache und den Gehalt von CO_2 um das 17 - fache.

Dem erhöhten Sauerstoffgehalt in der Umwelt steht im Blute ein erhöhter Kohlendioxidgehalt gegenüber. Sauerstoff und Kohlendioxid diffundieren dem abnehmenden Partialdruckgefälle entsprechend bergab zum nächst niederen Wert (Ganong 1972).

" Die chemische Reaktion des Blutes wird unter physiologischen Verhältnissen durch Puffersysteme konstant gehalten. Die Reaktion des Blutes ist von grundsätzlicher Bedeutung, weil nicht nur die Eiweißkörper des Blutes, sondern auch die Zellmembranen in den Geweben in ihren Eigenschaften völlig vom pH der Umgebung abhängen und die meisten Fermente ihre optimale Wirkung bei einem ganz bestimmten pH entwickeln "(Rein-Schneider 1966).

Der optimale pH-Wert wird durch Puffersysteme aufrechterhalten. Diese Puffer selbst können eine vorübergehende Störung verhindern, die Pufferkapazität ist aber begrenzt.

Das die Störung herbeiführende Agens muß eliminiert werden, wenn das Puffersystem sich nicht verbrauchen soll.

Wird diesem System eine schwache Säure zugeführt, so kann es zu einer Senkung des pH-Wertes kommen, als Acidose bezeichnet.

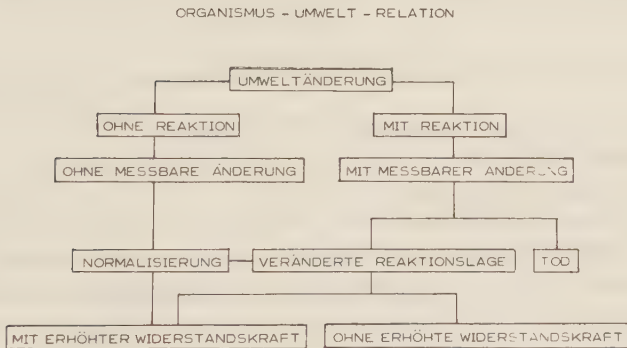
Bei einer Basenzufuhr spricht man von einer Alkalose.

Dieser Vorgang ist verbunden mit einer Verschiebung der Wasserstoff-ionenkonzentration, die ihrerseits messbar ist.

Eine Änderung der Atemgaspartialdrucke ist je nach Größe in eine Relation zum Blutgaspartialdruck des jeweiligen Gases zu setzen.

Die H-Ionen-Konzentrationsverschiebung verursacht gleichfalls eine veränderte O_2 / CO_2 -Bindung im Blut und ist durch Messung der jeweiligen Partialdrucke nachweisbar.

Eine Änderung der Umwelt in bezug auf CO_2 -Konzentration kann schematisch dargestellt werden und wie folgt verlaufen:



C . Material und Methoden .

4. Versuchstiere.

Kreuzungstiere:

Die Versuchstiere (Hähne) entstammen einer extensiv gehaltenen Rassenkreuzung.

Legetyp - Hähnchen :

Die Versuchstiere waren Elterntierhähne des Babcock - Legetypes (B 305)

Masttyp - Hähnchen :

Die Versuchstiere wurden als Mastküken (HNL - Nichols) im Alter von 14 Tagen aus einem kommerziellen Broilermastbetrieb erworben.

Das Alter der Versuchstiere wird an den entsprechenden Stellen erwähnt.

Die Fütterung erfolgte mit Muskator - S - Legemehl.

Den extensiv gehaltenen Tieren stand Mischfutter und Muschelkalk zur beliebigen Aufnahme bereit.

Trinkwasser nahmen die Tiere in den Laborversuchen über Nippeltränken auf. In der Extensivhaltung wurden Wassertränken aufgestellt.

5. Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung.

Die Untersuchung der Tiere erfolgte während der Versuche in einem Isolator (Fa. Kleinfeld, Hannover) mit den Maßen 118 x 57 x 57 (cm). Über zwei Luftleitungen und eine Schleuse war der Isolator beschickbar. Die Manipulation im Isolator erfolgte über Handschuhe, die an der Rückwand angebracht waren.

Im Isolator selbst waren die Tiere in großen Makrolon-Versuchskäfigen untergebracht, welche nach oben mit einem Drahtgitter verschlossen waren. An der Stirnseite der Käfige wurden Futterbehälter für die Küken angebracht, welche von oben befüllt werden konnten. Die Nippeltränken reichten durch das Drahtgitter in den Käfig. Als Einstreu wurden Hobelspäne verwendet.

Das dem Isolator zugeführte Luft / Gas - Gemisch wurde aus der Druckluftleitung und aus CO₂-Druckflaschen bezogen. Die Dosierung der jeweiligen Gasvolumina erfolgte über zwei DRÄGER - Nadel dosierventile mit Meßsäule.

Das aus den Meßröhren ausströmende Gasgemisch wurde über ein T-Verbindungsstück und CO₂-beständigen PVC-Klarsichtleitungen einem Gasmischturm zugeführt. Dieser Mischturm arbeitete im Trockenmischverfahren, wobei das Gas in der Tiefe eines Glaszylinders aus dem Leitungsrohr austritt und eine etwa 30 cm hohe Säule aus Glasperlen von 1 mm Durchmesser durchströmt.

Über ein Sammelrohr wird das abströmende Gas dem Isolator zugeführt. Die Schlauchaustrittsöffnung befindet sich im Kükenkäfig und das Gasgemisch trifft auf den Käfigboden auf und verteilt sich.

Zur weiteren Homogenisierung des Gasgemisches erzeugte ein regelbarer Ventilator im Isolator eine Windgeschwindigkeit von 1 m / Sek. über den Küken. Die Messung der Windgeschwindigkeit erfolgte mit einem thermischen Anemometer.

Die Abluft entströmte über ein weites PVC-Rohr, welches seine Öffnung am Boden des Isolators hatte. Hierdurch wurde einer eventuellen Anreicherung von CO₂ am Boden vorgebeugt.

Die ersten orientierenden Belastungsversuche wurden mit Masthähnchen und Hähnchen des Legetypes im Alter von 14 Tagen durchgeführt.

Sie wurden unter täglich steigenden CO_2 -Partialdrucken untersucht und auf ihr jeweiliges Verhalten beobachtet.

Diese beiden Durchgänge sollten Vorversuche zur Beurteilung der jeweiligen Reaktionslage des Organismus bei definierter CO_2 -Umwelt sein. Sie zeigten auf, daß eine auswertbare Reaktion der Tiere auf CO_2 -Reize eintritt, welche sich als Grundlage für weitere Untersuchungen anbot.

Die folgenden Untersuchungen wurden mit Legetyp-Hähnchen durchgeführt. Das Alter der Tiere betrug ebenfalls bei Versuchsbeginn 14 Tage.

Jeder der drei Versuchsdurchgänge verlief über 120 Stunden mit 0,3 Vol % , 0,6 Vol % und 1,2 Vol % CO_2 in der Atmungsluft.

Je Versuch wurden 9 Küken im Isolator gehalten ; täglich wurde von 3 Tieren Blut genommen.

6. Kontrolle der Gaskonzentration.

Die aktuelle CO_2 -Messung im Isolator erfolgte mit dem DRÄGER - Gasspürgerät unter Verwendung der verschiedenen Meßröhrchen für die Kohlendioxid-Messung (Best. Nr. CH 30 801 , CH 23 501 , CH 31 401 , Fa. Dräger - Werk, Lübeck).

Nach Rietzler (1958) ist dieses Gerät für CO_2 -Messungen der Methode nach Pettenkofer gleichzusetzen (Scholz 1971).

Nach Lechnitz (1969) ist die Querempfindlichkeit gering ; die relative Standardabweichung wird nicht fest angegeben ; sie schwankt um den Bereich von 10 %.

Der höheren Genauigkeit wegen wäre es wünschenswert gewesen, diese Untersuchungen mit einem Ultra-Rot-Absorptions-Schreiber (Uras , Fa. Hartmann und Braun , Ffm.) unter Zuhilfenahme von Gasdosierpumpen durchzuführen ; leider standen solche Geräte der hohen Kosten wegen nicht zur Verfügung.

7. Blutentnahmetechnik.

In den Vorversuchen stellte sich heraus, daß die Wahl der Blutentnahmetechnik und die Fixation des Tieres während der Entnahme eine große Bedeutung für die Aussagekraft der Meßwerte hat.

Es zeigte sich, daß das Verbringen der Tiere in einen kleinen Raum vor der Entnahme wohl die Bewegungsaktivität vermindert, die psychische Erregung aber derart steigert, daß keine vergleichbaren Werte zu erzielen sind. Hieraus ergab sich, daß die Tiere in ihrer gewohnten Umgebung bis zur Entnahme verbleiben müssen und nur behutsam ohne jegliche Bewegung ergriffen werden dürfen.

Erwachsene Tiere ergreift man an den Ständern und führt leichte Pendelbewegungen bis zur Beruhigung der Tiere durch.

Küken werden mit der Hand von hinten über den Schwingen umfaßt, der Daumen legt sich von unten um den Kopf, Zeige- und Mittelfinger strecken den Flügel zur Blutentnahme aus der Flügelvene.

In allen Fällen hat sich die anschließende Punktion der Flügelvene bewährt. Hämatombildung war selten, wenn die Haut vor der Entnahme über der Vene gespannt wurde.

Die Punktion erfolgte mit einer scharfen Kanüle. Das austretende Blut wurde mit heparinisierten Kapillaren aufgefangen, derart, daß immer ein großer Blutstropfen stehen blieb, in den die Kapillare eingetaucht wurde bis hin zur Austrittsstelle des Blutes. Somit war eine störungsfreie Kapillarenfüllung gesichert.

Die gefüllten Kapillaren wurden von einer zweiten Person sofort verschlossen und zur Einhaltung der Reihenfolge auf eine selbstklebende Unterlage gelegt.

Der weitere Transport der Kapillaren erfolgte in Eiswasser.

8. Messung des pO_2 und pCO_2 unter gleichzeitiger Bestimmung des pH - Wertes im venösen Blut.

Die Bestimmung der Partialdrucke der Blutgase O_2 und CO_2 sowie des pH -Wertes wurde mit Hilfe des Combi-Analysators der Firma Eschweiler, Kiel, vorgenommen. Die pO_2 -Messung erfolgte polarographisch mit der kunststoffüberzogenen Platinelektrode " System CLARK " (modifiziert nach Lübberts und Windisch 1963).

Der pCO_2 , sowie der pH -Wert des Blutes wurden potentiometrisch mit der kunststoffüberzogenen Glaselektrode nach Gertz et al. ermittelt (modifiziert nach Gleichmann und Lübberts 1960).

Zur Eichung der Geräte wurden dabei folgende Eichgase verwendet :

Eichgas A = 1,82 % O_2 , 2,35 % CO_2

Eichgas B = 12,2 % O_2 , 5,7 % CO_2

Die Messungen erfolgten bei einer Temperatur von 40,0 Grad Celsius.

Zur Untersuchung wurde venöses Blut der Tiere verwendet, weil hier die Eigenproduktion der Tiere an CO_2 mit eingeht und die Blutentnahme nicht nur relativ einfach und kontrollierbar, sondern auch bei anderen Untersuchungen praktiziert wird.

Anfängliche Untersuchungen, bei denen die Blutentnahme mit Hilfe einer in die Flügelvene eingelegten Kanüle erfolgte, wurden sofort verlassen, da diese Entnahmeart keine optimale Methode darstellte.

9. Hämoglobin - Messung im venösen Blut des Geflügels.

Der Hämoglobingehalt in 100 ml Blut (g Hb / 100 ml) wurde nach der Hämiglobincyanidmethode bestimmt (Wels und Horn 1965).

Zur Verwendung kam die Transformationslösung nach Bethke -Savelsberg(1950).

Die Extinctionsmessung wurde mit einem Elektrophotometer (ELKO II der Firma Zeiss / Oberkochen) unter Verwendung des Filters S 53 E

mit 530 mm Wellenlänge bei einer Schichtdicke von 1 cm durchgeführt.
Das Verhältnis Blut : Transformationslösung war 1 : 200 .

10. Die Hämatokrit - Bestimmung.

Gemäß der zur Verfügung stehenden Blutmenge wurde die Mikro-Hämatokritbestimmung durchgeführt. Der Hämatokritwert wird in % angegeben. Es wurde eine ECCO - Mikrohämatokritzentrifuge benutzt. Auf die Blutsäule wirkte eine Schwerkraft von $13000 \times g$ 5 Minuten lang ein (Wels 1967).

Die Kapillaren waren 7,5 cm lang und wurden mit einem plastischen Spezialverschluß verschlossen.

11. Die Erythrozyten - Zählung.

Die Erythrozyten-Zählung wurde nach Vergleich mit der Kammerzählung und folgender Eichung mit einem elektronischen Partikel-Zählgerät durchgeführt (Celloscope 202 . Jörg Lyungberg, Sweden).

D. Ergebnisse

12. Der Einfluß der Bewegung der Tiere vor der Blutentnahme auf die Größe der Blut-Gas und Blut-pH-Werte.

Der Einfluß der Bewegung des Tieres vor der Entnahme auf die zu untersuchenden Blutwerte wurde an Tieren mit unterschiedlicher Bewegungsintensität gemessen. Die Blutentnahme erfolgte aus der Flügelvene und die gefüllten heparinisierten Kapillaren wurden in Reihenfolge der Entnahme auf einem Klebeband befestigt. Der zeitliche Abstand zwischen jeder Kapillarenfüllung betrug 3 Sekunden.

Die Abbildung 1a zeigt den Kurvenverlauf der Meßdaten für den Blut- pO_2 , Blut- pCO_2 und den Blut-pH-Wert von einem Tier mit heftiger Bewegung vor der Entnahme.

Den Kurvenverlauf für die entsprechenden Werte bei geringer Bewegung des Tieres vor der Entnahme zeigt die Abbildung 1 b.

Die Tiere der Abbildung 1a und 1b wurden in Bodenhaltung untersucht. Die Daten der Blutentnahme am ruhigen Tier werden in Abbildung 1c wiedergegeben. Die Entnahme erfolgte im Isolator mit unbekannter Gaszusammensetzung der Umwelt. Die durch die Manipulation über die Handschuhe im Isolator erschwerte Blutentnahme ermöglichte nur eine Füllung von 6 Kapillaren. Aus diesem Grunde wurde auch die Untersuchung des pH-Wertes ausgelassen.

13. Die Aufstellung der Normalwerte von pO_2 , pCO_2 , dem pH-Wert, dem Hämoglobingehalt, Hämatokrit und den Erythrozyten im Hühnerblut.

Die Blutentnahme wurde mit der in Abb. 1c wiedergegebenen Blutentnahmetechnik angestrebt. Zur Untersuchung kamen Tiere unterschiedlicher Rasse und Haltungsform. Die Daten werden in Tabelle 2 zusammengefaßt und graphisch in Abbildung 2 wiedergegeben.

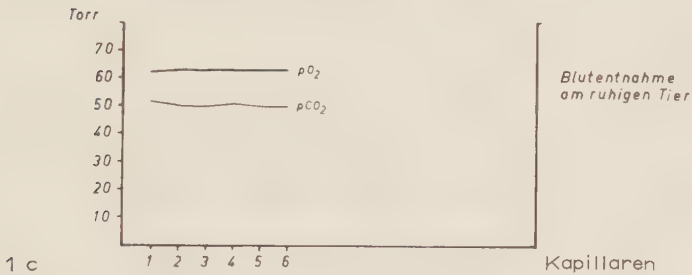
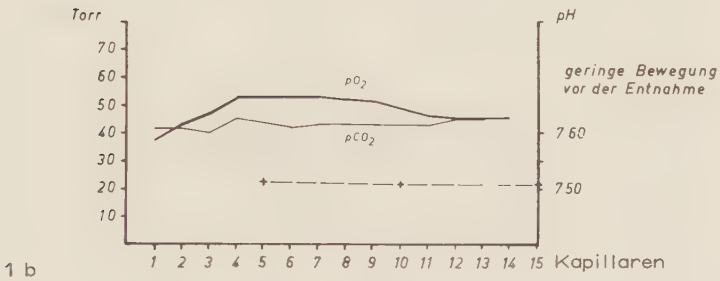
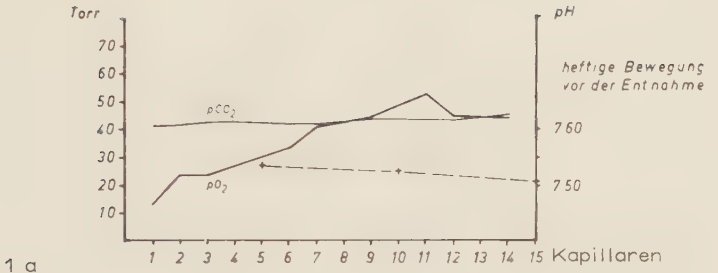


Abb. 1 Einfluß der Bewegung der Tiere vor der Blutentnahme auf die Größe der Blut-Gas und Blut-pH-Werte.

Tab. 2 Normalwerte für Hähne verschiedener Rasse und Haltungsform
(venöses Blut, gewonnen durch Punktion der Flügelvene)

Rasse / Haltung	p O ₂	p CO ₂	pH	Hkt	Hb	Erythrozyten (10 ⁶)
I Freilaufhähne / Mischrasse n = 46 ; 5 Monate alt	60,9 (± 4 , 66)	47,1 (± 5 , 4)	7,34 (± 0 , 27)	34 (± 3 , 38)	11,7 (± 1 , 6)	2,69
II Freilaufhähne Babcock-Legetyp n = 40 ; 5 Monate alt	56,9 (± 6 , 08)	43,9 (± 2 , 57)	7,42 (± 0 , 1)	32,3 (± 2 , 15)	9,88 (± 1 , 4)	2,50
III Käfighaltung Babcock-Legetyp-Hähnen n = 30 ; 14 Tage alt	54,0 (± 2 , 0)	42,8 (± 0 , 85)	7,41 (± 0 , 01)	33 (± 0 , 8)	-	-
IV Käfighaltung Masthähnen n = 50 ; 14 Tage alt	49,5 (± 5 , 04)	51,3 (± 3 , 47)	7,38 (± 0 , 04)	33,4 (± 0 , 47)	8,95 (± 0 , 47)	-
V Bodenhaltung Babcock-Legetyp- Elternhähnen n = 54 ; 14 Tage alt	54,7 (± 2 , 98)	43,1 (± 6 , 2)	7,49 (± 0 , 11)	29,8 (± 1 , 17)	9,94 (± 1 , 09)	-

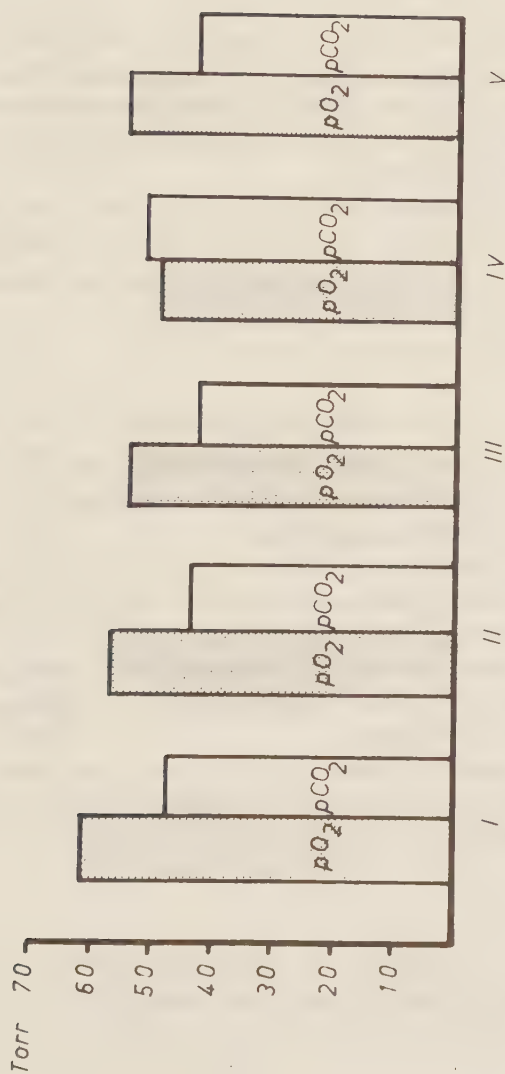


Abb. 2 Graphische Darstellung der Blutgas-Partialdrucke für Hühner verschiedener Rasse und Haltungsform (I - V s. Tab. 2)

14. CO₂ - Belastungsversuche.

14.1 Belastungsversuche mit steigenden CO₂-Werten in 24 - Stunden - Stufen.

Die ersten Untersuchungen wurden mit Legetyphännchen im Alter von 14 Tagen durchgeführt, es folgten Versuche mit Masttyphännchen. Der Kurvenverlauf ist mit der Methode des gleitenden Mittels dargestellt worden und soll nur prinzipiell das unterschiedliche Verhalten beider Typen aufzeigen (Abb. 3)

Hierbei kommt es für Jede Rasse zu einer eigentümlichen Kurve, welche das Verhalten des Organismus inbezug auf CO₂- Belastung widerspiegelt.

Dieses Ergebnis hat gezeigt, daß der Bereich der CO₂- Konzentration in der Umwelt bis zu 1% untersucht werden muß.

14.2 Belastungsversuche mit konstanten CO₂- Werten über 120 Stunden.

Als Versuchstiere wurden nur Hännchen vom Legetyp verwendet.

Die Blutentnahme selbst erfolgte im Isolator; die gefüllten Kapillaren wurden nach der Entnahme ausgeschleust.

Der erste Versuch enthielt 5 Tage lang (120 Std.) 0,3 Vol % CO₂, der zweite 0,6 Vol % CO₂ und der dritte 1,2 Vol % CO₂ in der Umwelt.

Die Meßergebnisse werden folgend tabellarisch in den

Tabellen 3 - 5 zusammengefaßt. Die täglichen Werte sind Mittelwerte von 3 Versuchstieren mit je einer Doppelmessung. Die Standardabweichung wird in Klammer ($\pm$) angegeben.

Der Bereich der einfachen Standardabweichung wird in der graphischen Darstellung (Abb. 4 - 6) als Fläche wiedergegeben, deren arithmetisches Mittel eingezeichnet ist.

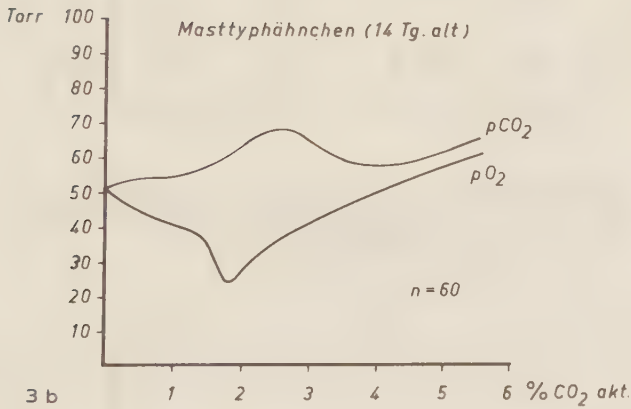
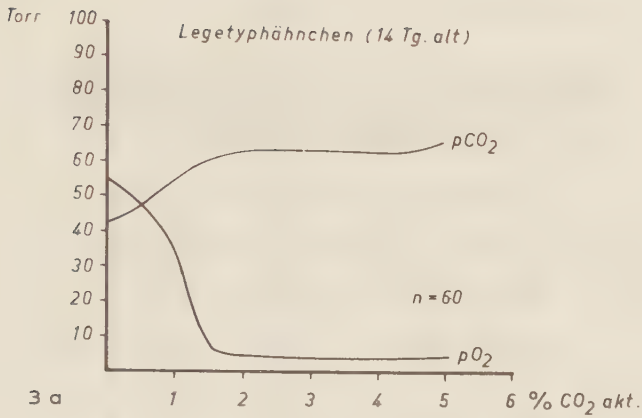


Abb. 3 Blutgaspartialdrücke $p\text{O}_2$ und $p\text{CO}_2$ von Legetyp- (Abb. 3a) und Masttypphähnchen (Abb. 3 b) im CO_2 -Belastungsversuch mit steigenden CO_2 -Werten der Umwelt in 24 - Stunden - Stufen.

Die folgenden Tabellen fassen die Mittelwerte der CO_2 -Belastungsversuche mit der jeweiligen CO_2 -Konzentration in der Umwelt zusammen. Die Standardabweichung wird in $(\pm)$ angegeben.

Tab. 3 Belastungsversuch mit 0,3 Vol % CO_2 in der Umwelt.
Versuchstiere : Babcock-Elterntier-²Legetyp-Hähnchen.
Alter : bei Versuchsbeginn 14 Tage ; $n = 30$
Mittelwerte und Standardabweichung $(\pm)$

Std.	pO_2	pCO_2	pH	Hkt
24	54,8 (6,2)	44,4 (1,3)	7,46	33,0
48	61,5 (3,1)	40,0 (-)	7,45	30,0
72	57,9 (3,5)	40,6 (1,2)	7,48	29,7
96	57,8 (2,2)	42,0 (-)	7,52	30,0
120	55,4 (4,3)	41,4 (0,8)	7,51	30,0

Tab. 4 Belastungsversuch mit 0,6 Vol % CO_2 in der Umwelt.
Versuchstiere : Babcock-Elterntier-²Legetyp-Hähnchen.
Alter : bei Versuchsbeginn 14 Tage ; $n = 30$
Mittelwerte und Standardabweichung $(\pm)$

Std.	pO_2	pCO_2	pH	Hkt
24	40,2 (2,4)	51,4 (0,9)	7,51	30,0
48	32,7 (5,9)	49,4 (1,0)	7,47	29,8
72	30,0 (5,6)	53,4 (1,2)	7,47	29,7
96	40,9 (9,1)	58,6 (2,7)	7,49	29,7
120	32,7 (8,7)	55,8 (4,5)	7,38	28,7

Tab. 5 Belastungsversuch mit 1,2 Vol % CO₂ in der Umwelt.
 Versuchstiere : Babcock-Elterntier-²Legetyp-Hähnchen.
 Alter : bei Versuchsbeginn 14 Tage ; $\eta_{+} = 30$
 Mittelwerte und Standardabweichung ($\pm$)

Std.	pO ₂	pCO ₂	pH	Hkt
24	15,0 (5,6)	50,4 (2,6)	7,50	29,7
48	5,5 (1,5)	57,1 (2,8)	7,36	29,4
72	45,7 (5,9)	55,3 (9,9)	7,42	30,3
96	42,9 (15,8)	52,4 (3,7)	7,41	29,0
120	43,2 (17,4)	56,4 (0,8)	7,32	29,3

Kohlendioxid-Belastungsversuch

Babcock - Legetyp-Elterntierhähne

21.-25. Lebenstag

0,3 Vol % CO₂ akt.

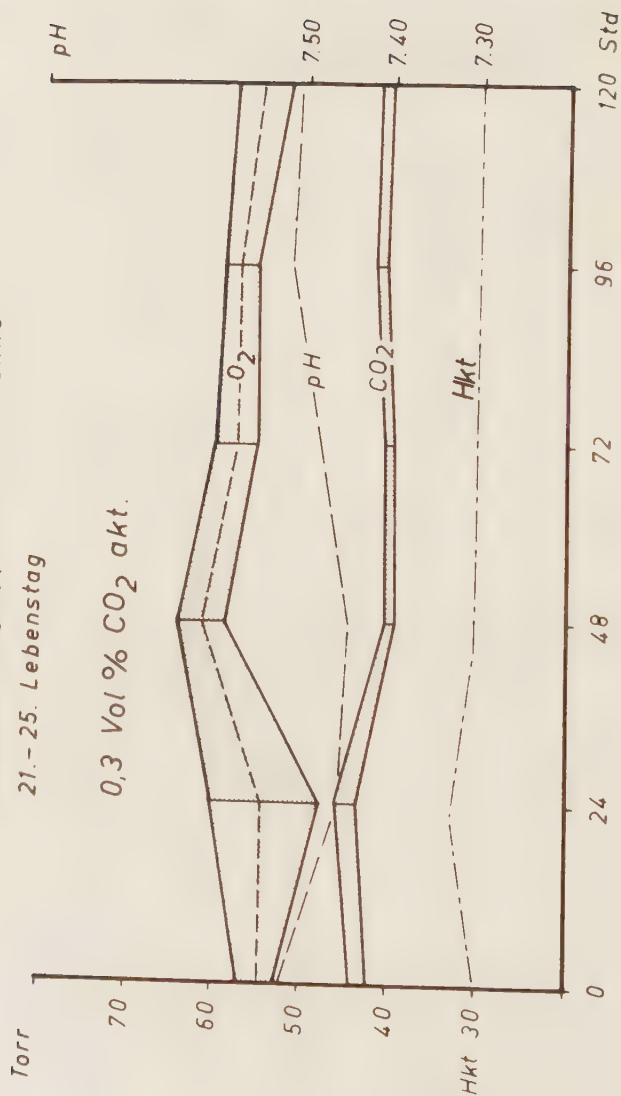


Abb. 4 Blutgaspartialdrücke, pH- und Hämatokritwert im venösen Hühnerblut bei 0,3 Vol % CO₂ in der Umwelt.

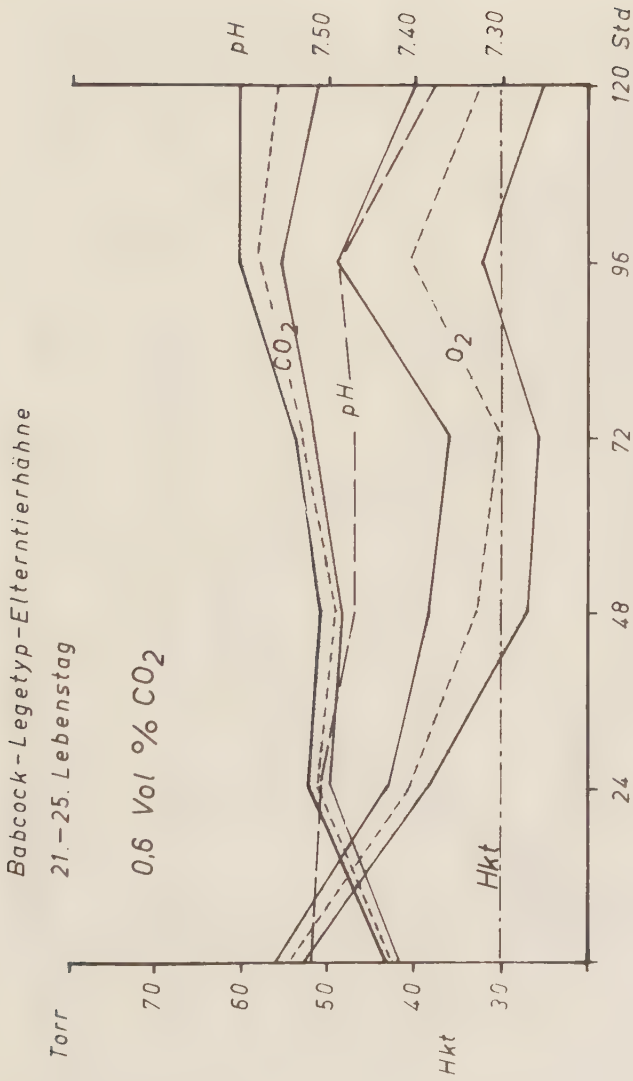


Abb. 5 Blutgaspartialdrücke, pH- und Hämatokritwert im venösen Hühnerblut bei 0,6 Vol % CO₂ in der Umwelt.

Babcock-Legetyp-Elterntierhähne 1,2 Vol % CO_2
21.-25. Lebenstag

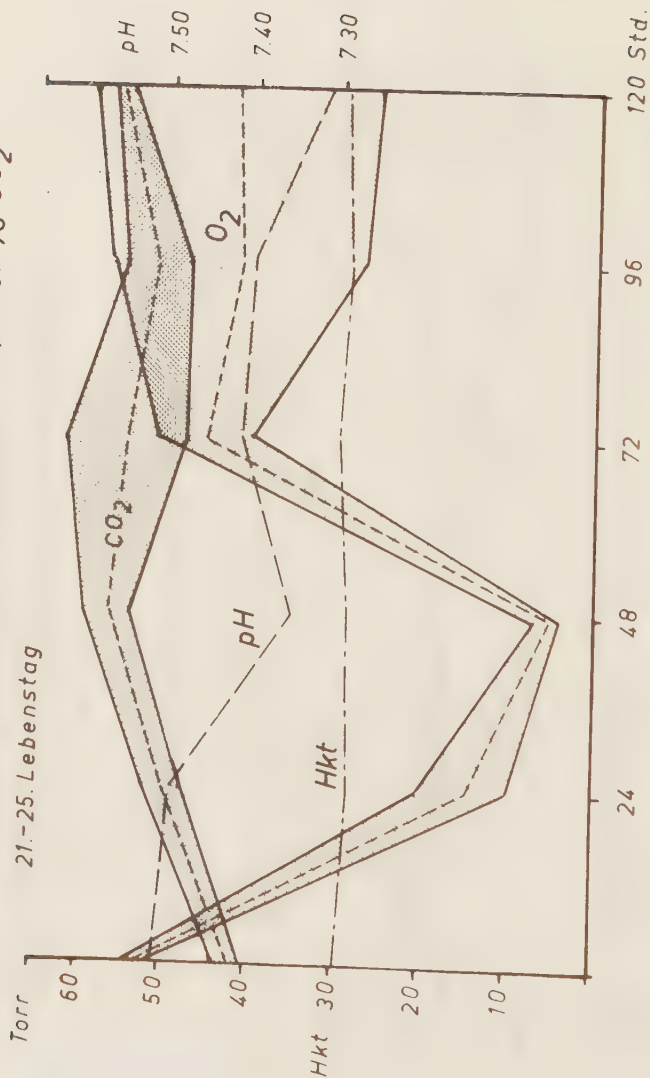


Abb. 6 Blutgaspartialdrucke, pH- und Hämatokritwert im venösen Hühnerblut bei 1,2 Vol % CO_2 in der Umwelt.

15. Kohlendioxid - Messungen in Geflügelintensivbetrieben.

Oben wurde darauf hingewiesen (Post 1965, Romijn u. Lokhorst 1966 , Löliger 1969, Helbacka 1969), daß die Tiere in den Intensivbetrieben teilweise über längere Zeit in einer mit CO_2 angereicherten Umwelt leben und daß diese erhöhten CO_2 -Partialdrucke nicht nur das Wohlbefinden stören, sondern auch im Einzelfalle unter einer entsprechenden Faktorenkombination das Leben der Tiere beenden können.

Dies wurde in jüngster Zeit in einem Kükenaufzuchtbetrieb anhand eigener Untersuchungen und Messungen bestätigt und soll ein Beispiel für die Auswirkungen einer CO_2 -Belastung in Intensivbetrieben sein:

In einem Betrieb wurden 19 950 Legetyp-Küken aufgestellt, von denen 24 Stunden später über 10 % innerhalb kürzester Zeit starben.

Untersuchungen haben ergeben, daß die Verluste in der Stallmitte bis zu 80 % betrugen und die lokale CO_2 -Konzentration an dieser Stelle bei 0,2 Vol % lag. Ein Teil der niederliegenden noch lebenden Tiere wurde im Institut für Geflügelkrankheiten in Gießen unter Normalbelüftung beobachtet und ist ohne Behandlung genesen.

Im Bereiche des Stalles mit 0,08 - 0,1 Vol % CO_2 traten keine Verluste auf. Die Messungen der CO_2 -Konzentration wurden mit dem Gasspürgerät der Firma DRÄGER durchgeführt.

Ursache der unterschiedlichen CO_2 -Konzentration im Stall war eine mangelhafte Belüftung durch unausgeglichene Luftführung.

Messungen in einem Masthähnchenbetrieb ergaben CO_2 -Konzentrationen, welche von 0,2 - 0,4 % schwankten. Die hohen CO_2 -Werte wurden vorwiegend in den Stallecken gefunden; die Messungen erfolgten in Kopfhöhe der Tiere.

Die Ausfälle des Tiermaterials konnten aufgrund der Bodenhaltung vom Besitzer lokalisiert werden und deckten sich mit den gefundenen CO_2 -Meßwerten derart, daß in den Stallrandpartien und Ecken die größten Verluste zu verzeichnen waren und in den gut belüfteten Bereichen des Stalles nur wenige Ausfälle auftraten.

Diese Erscheinungen wiederholten sich und traten über mehrere Mastperioden auf; schließlich war das Mastendgewicht in den schlecht ventilierten Bereichen durchschnittlich niedriger als in den gut belüfteten Stallbezirken.

E. Besprechung der Ergebnisse .

16. Einfluß der Bewegung der Tiere vor der Blutentnahme auf die Größe der Blutgas- und Blut-pH-Werte (Abb. 1)

Die pH-Werte weichen nur geringfügig voneinander ab und der $p\text{CO}_2$ bleibt mit geringen Schwankungen in Höhe der physiologischen Werte . (Tab. 2)

Der Sauerstoffpartialdruck hingegen zeigt eindeutige Unterschiede. In den Fällen mit heftiger Bewegung des Tieres vor der Blutentnahme (Abb. 1 a) liegen die anfänglichen $p\text{O}_2$ -Werte weit unter jenen des $p\text{CO}_2$. Dieser sehr niedrige Sauerstoffpartialdruck, der bei 15 Torr liegt, steigt wieder langsam an und erreicht mit der 11. Kapillarenfüllung den Normalwert (Tab. 2) und sinkt darauf wieder ab.

Da zwischen jeder Kapillarenfüllung etwa 3 Sekunden vergangen sind, kann ebenfalls eine zeitliche Abhängigkeit herbeigeführt werden, d.h. der Normalwert für $p\text{O}_2$ wird in Abb. 1 a mit heftiger Bewegung des Tieres vor der Blutentnahme nach 33 Sekunden wieder erreicht.

Durch den anfänglich sehr niedrigen $p\text{O}_2$ -Wert kommt es im Verlaufe des Anstieges zu einer Überschneidung der $p\text{O}_2$ - und $p\text{CO}_2$ -Kurven. Im Zuge der Kompensation der Blutgase kommt es zur Gegenregulation mit einem erneuten Abfall des Partialdruckes für Sauerstoff im Blut. Diesbezügliche Ursachen sind sicher im Mechanismus der Regulation zu suchen und sollen an dieser Stelle nicht weiter verfolgt werden.

Im Falle mit geringer Bewegung des Tieres vor der Blutentnahme (Abb. 1 b) liegt der $p\text{O}_2$ -Anfangswert nicht so tief und es kommt deshalb schon nach weniger als 3 Sekunden zum oben beschriebenen Schnittpunkt der Kurven für $p\text{O}_2$ und $p\text{CO}_2$. Nach etwa 12 Sekunden ist der Normalwert erreicht und wird etwa 15 Sekunden gehalten.

Nachfolgende Änderungen können auf eine Erregung des Tieres zurückzuführen sein.

In Tab. 1 c wird eine Blutentnahme am ruhigen Tier im Isolator wiedergegeben, welche in den folgenden Untersuchungen angewendet wird und gemäß der Vorversuche die günstigsten Ergebnisse brachte.

Die obigen Untersuchungen ergaben, daß die in der Literatur angegebenen Normalwerte für das " Huhn " zwangsläufig voneinander abweichen müssen. Dieser Sachverhalt gab Anlaß zur Überprüfung der Normalwerte.

17. Besprechung der Normalwerte (Tab. 2)

Zur Ermittlung der Normalwerte obiger Blutparameter wurden fünf Gruppen von Hähnen unterschiedlicher Rasse und Haltungsform untersucht. Die tabellarisch zusammengefaßten Ergebnisse können in zwei Gruppen unterteilt werden. Die Legetyphähnen zeigen bei unterschiedlicher Haltung etwa konstante pO_2 - und pCO_2 -Werte, die Kreuzungstiere in Freilaufhaltung und die Mastrasse weichen von den ersteren ab. Zeigen die Kreuzungstiere höhere pO_2 - und pCO_2 -Werte, so kommt es bei den Masthühnchen zu einer Inversion der obigen Werte; bei ihnen liegt der pCO_2 über dem pO_2 .

Im Vergleich mit den in der Literatur erwähnten Werte für Hühner (s. Tab. 1) zeigen die in dieser Arbeit ermittelten Normalwerte (Tab. 2) Unterschiede auf in pO_2 , pCO_2 und im pH-Wert und bestätigen besonders im Hinblick auf die Werte für Masthühnchen, daß eine einheitliche Beurteilung der Hühnerrassen nicht zulässig ist und besondere Berücksichtigung in der Geflügelintensivhaltung erfahren muß.

Es wird hier deutlich hervorgehoben, daß die zur Zeit als Grundlage geltenden Werte weiterer Untersuchung bedürfen, da jeder genotypisch verankerte Leistungstyp Abweichungen vom Normalwert aufweisen kann. So werden in dieser Arbeit die Zweifel von Morgan und Chichester (1935) bestätigt, daß ihre auf Kalkulation beruhenden pO_2 -Werte wahrscheinlich zu niedrig sind. Die pCO_2 -Werte stimmen mit jenen von Morgan und Chichester überein, wenn man voraussetzt, daß jene Versuchstiere vermutlich einer Kreuzungsrasse im heutigen Sinne entstammten.

Die Angaben von Müller (1966) sind gleichzusetzen mit den pCO_2 -Werten der Masthühnchen.

Die Messungen von Gothe und Riethmüller (1972) hatten nicht die Ermittlung der physiologischen Normalwerte als Ziel; ihre Normalwerte beziehen sich auf die Vergleichsgruppe der Probanden.

18. Diskussion der CO_2 -Belastungsversuche mit steigendem CO_2 -Gehalt in 24 - Stunden - Stufen .

Die Versuche mit steigenden CO_2 -Werten in der Umwelt haben ergeben, daß unterschiedliche Reaktionen bei Masthähnchen und Hähnchen des Legetypes auftreten.

Prinzipiell kommt es bei beiden Arten mit steigendem pCO_2 in der Umwelt zu einem Abfall des Blut- pO_2 und einem Anstieg des Blut- pCO_2 . Die voneinander abweichenden Normalwerte für pO_2 und pCO_2 im Blut der Lege- und Masttypen (Tab. 2) macht es verständlich, daß auch bei einer Belastung der Tiere unterschiedliche Reaktionen auftreten können. Dieses Verhalten der Blutgaspartialdrucke ist wahrscheinlich zu begründen in der unterschiedlichen Stoffwechselaktivität beider Rassen. Der beim Legetyp enorme pO_2 -Abfall im Blut bis auf etwa 5 Torr wird beim Masttyp nicht erreicht; hier liegt der unterste Wert bei 25 Torr. Während der sehr niedrige pO_2 -Wert beim Legetyp bis zur Steigerung des CO_2 -Gehaltes auf 5 % in der Umwelt beibehalten wird, steigt der Blut- pO_2 -Wert beim Masttyp schon wieder bei 2 % CO_2 in der Umwelt kontinuierlich an, ohne daß es zu einer Überschneidung der Kurven kommt , da auch der Blut- pCO_2 ansteigt.

Beim Legetyp verbleibt der Blut- pCO_2 nach anfänglicher Steigung bei 65 Torr. Der Blut- pCO_2 der Masthähnchen zeigt bei etwa 2,5 % CO_2 in der Umwelt ein Maximum von etwa 70 Torr , wonach die Kurve auf 55 Torr abfällt, um wieder konstant anzusteigen.

Die obere Belastungsgrenze der Masthähnchen lag bei 6 % CO_2 in der Umwelt, die der Legetypen bei 10 % CO_2 .

Beim Masttyp traten die ersten Anzeichen von Müdigkeit bei 5 % CO_2 in der Umwelt auf. Bemerkenswert war das Einsinken der Tiere in den Sprunggelenken. Die Bewegungen wurden eckig und sehr langsam . Dennoch bewegten sie sich mit kurzen, stechenden Schritten zum Futter und Wasser. Die Kröpfe waren immer gefüllt und es schien, als käme es zu einer vermehrten Futteraufnahme.

Bei 6 % CO_2 (Masttyp) und 10 % CO_2 (Legetyp) in der Umwelt zeigten die Tiere nur noch geringe Bewegungsaktivität. Die Augenlider waren geschlossen, der Schnabel weit geöffnet und der Hals gestreckt, sie zeigten weder eine Abwehr- noch eine Fluchtreaktion beim Fangen.

Intensive Schnappatmung stand im Vordergrund.

Nachdem die Tiere in frische Luft verbracht wurden, verschwanden nach kurzer Zeit die Erscheinungen der Atemnot.

Die aktuellen Blutwerte wurden hier bei einigen Tieren des Legetypes untersucht und in einer Tabelle zusammengefaßt .

Tab. 6 Aktuelle Blutwerte des Legetypes am 1., 4. und 6. Tage nach Versuchsende .

Tag	pO ₂	pCO ₂	pH	Hkt
1.	6	56	7,22	32
4.	7	60	7,22	31
6.	25	50	7,30	30

In den ersten 4 Tagen bleibt der pO₂ und pCO₂ auf dem anfänglichen Stand, obwohl die Tiere keine äußerlichen Erscheinungen einer Gesundheitsschädigung (Störung des Allgemeinbefindens) zeigen.

Erst am 6. Tage war eine Zunahme des pO₂ zu verzeichnen ; analog kam es zu einer Abnahme des Blut-pCO₂ und einem Anstieg des Blut-pH, was sicher als Regeneration des Puffersystems zu verstehen ist.

19. Diskussion der CO_2 -Belastungsversuche mit konstantem CO_2 -Gehalt in der Umwelt über 120 Stunden.

Die Ergebnisse dieser Belastungsversuche werden in den Tabellen 3 - 5 wiedergegeben. Die graphische Darstellung erfolgt in Abb. 4 - 6.

Die Untersuchungen der Blutproben erfolgten im Abstand von 24 Stunden.

19.1 0,3 Vol % CO_2 in der Umwelt über 120 Stunden. (Abb. 4)

Die Blut- pO_2 - und - pCO_2 -Werte liegen bei der Messung nach 24 Stunden im Bereiche der Normalwerte (s.Tab. 2).

Eine vergrößerte Standardabweichung für pO_2 zeigt bei 24 Std., daß bei den Versuchstieren eine Reaktion auf den exogenen CO_2 -Reiz eintritt. Ob diese Streuung der Meßwerte ihr Maximum bei 24 Std. nach Versuchsbeginn hat, ist hier nicht nachprüfbar; es wird aber deutlich, daß eine unterschiedliche Reaktionsbereitschaft bei den Probanden besteht.

Dies kommt im anschließenden pO_2 -Anstieg auf 60 Torr zum Ausdruck, der gleichzeitig ein pO_2 -Maximum im Versuch mit 0,3 Vol % CO_2 ist. Diesem Anstieg synchron verläuft ein pCO_2 -Abfall auf 40 Torr, der auf diesem Wert bis 120 Std. verbleibt. Der Blut- pO_2 -Wert fällt nach 48 Std. wieder langsam ab und erreicht nach 120 Stunden den Normalwert.

Die Standardabweichung ist zwischen 48 und 96 Std. gleich groß und nimmt beim 120-Std.-Wert wieder zu. Der pH-Wert fällt mit steigendem Blut- pCO_2 und steigt mit Abnahme des Blut- pO_2 bei fast konstantem Blut- pCO_2 wieder an.

19.2 0,6 Vol % CO₂ in der Umwelt über 120 Stunden (Abb. 5)

In diesem Versuch kommt es nach 24 Stunden zu einer Überschneidung der Kurven für den Blut-pO₂ und -pCO₂.

Der pO₂-Wert fällt nach 24 Stunden auf 40 Torr , nach 48 Stunden auf 35 Torr ab und erreicht seinen Tiefpunkt nach 72 Stunden mit etwa 30 Torr und steigt mit steigender Standardabweichung nach 96 Std. auf 40 Torr. Nach 120 Std. kommt es zu einem erneuten Abfall auf 35 Torr. Die pCO₂-Kurve erreicht nach ebenfalls 96 Std. ein Maximum und fällt mit zunehmender Standardabweichung auf 52 Torr nach 120 Std. Der pH-Wert nimmt mit steigendem pCO₂ ab und ist nach 120 Std. auf etwa 7,38 abgesunken.

19.3 1,2 Vol % CO₂ in der Umwelt über 120 Stunden (Abb. 6)

Der in Abb. 5 beschriebene pO₂-Abfall tritt auch hier ein ; nur kommt es bei 1,2 Vol % CO₂ in der Umwelt schon nach

6 Stunden nach Versuchsbeginn zu einer Überschneidung der Kurven für pO₂ und pCO₂. Nach 24 Std. erreicht die Kurve für pO₂ etwa 15 Torr und hat ihren Tiefpunkt nach 48 Std. bei etwa 5 Torr.

Nach der 48. Std. steigt der pO₂ wieder an auf etwa 45 Torr und fällt hier ab auf 42 Torr mit steigender Standardabweichung. Der pCO₂-Wert hat sein Maximum nach 48 Std. von etwa 55 Torr, und nimmt folgend mit zunehmender Standardabweichung ab und steigt an nach 96 Std. auf etwa 56 Torr. Der pH-Wert hat fallende Tendenz und erreicht nach 120 Std. 7,32.

Der Hämatokrit-Wert liegt in allen Versuchsdurchgängen bei etwa 30 Vol %.

In Abb. 4 verbleiben die Kurven für pO₂ und pCO₂ getrennt, in Abb. 5 kommt es zu einer Überkreuzung der Kurven mit folgend getrenntem Verlauf und zunehmender Streuung der Werte.

In Abb. 6 überlagern sich die Standardabweichungen nach dem pO₂-Minimum von etwa 5 Torr. Zu diesem Zeitpunkt atmen die Tiere mit erhöhter Frequenz.

Mit dem zunehmenden CO_2 -Gehalt in der Umwelt steigt auch die Streuung der Meßwerte für den pO_2 und pCO_2 im Blut an.

In den Versuchen in Abb. 4 und 5 nehmen die Endwerte nicht mehr die Größe der Ausgangswerte an, d.h., es entsteht eine veränderte Reaktionslage der Tiere. (s. S. 9)

Um dem Kurvenverlauf eine Tendenz zu erteilen, wurde der Quotient der Mittelwerte (M) jeder Meßkurve für pO_2 und pCO_2 gebildet (Tab. 7,8,9)

Tab. 7 $\text{pO}_2 / \text{pCO}_2$ bei 0,3 Vol % CO_2 in der Umwelt.

Std.	pO_2	pCO_2	$\text{pO}_2 / \text{pCO}_2$
24	54,8	44,4	1,25
48	61,5	40,0	1,53
72	57,9	40,6	1,42
96	57,8	42,0	1,37
120	55,4	41,4	1,34

Tab. 8 $\text{pO}_2 / \text{pCO}_2$ bei 0,6 Vol % CO_2 in der Umwelt.

Std.	pO_2	pCO_2	$\text{pO}_2 / \text{pCO}_2$
24	40,2	51,4	0,78
48	32,7	49,4	0,66
72	36,0	53,4	0,67
96	40,9	58,5	0,69
120	32,7	55,8	0,58

Tab. 9 pO_2 / pCO_2 bei 1,2 Vol % CO_2 in der Umwelt.

Std.	pO_2	pCO_2	pO_2 / pCO_2
24	15,0	50,4	0,29
48	5,5	57,1	0,09
72	45,7	55,3	0,82
96	43,1	52,4	0,81
120	43,2	53,4	0,81

In dieser Darstellung der Abb. 7 kommt es gemäß der Beschreibung bei 0,3 Vol % CO_2 in der Umwelt anfangs zu einer pO_2 -Spitze mit folgender Normalisierung. Bei 0,6 Vol % CO_2 fällt der pO_2 kontinuierlich ab, während bei 1,2 Vol % CO_2 ein Minimum nach 48 Stunden erreicht wird. Der Endwert liegt hier unter dem Normalwert.

Zur weiteren Darlegung des CO_2 -Einflusses auf die Größe der Blut- pO_2 und Blut- pCO_2 Werte kann die Aufstellung der Minima-Maxima herangezogen werden (Tab. 10)

Das Verhalten der pO_2 - und pCO_2 -Werte in bezug auf den prozentualen CO_2 -Gehalt in der Umwelt zeigen die Abb. 8a und 8b.

Von Bedeutung ist hier das Verhalten des pO_2 und des pCO_2 in Abhängigkeit zur Umwelt- CO_2 -Konzentration.

In Abb. 8 a erreicht der pO_2 bei 0,3 Vol % CO_2 ein Maximum.

Die pO_2 -Minima fallen mit steigendem CO_2 -Gehalt der Umwelt.

Diesem Abfall steht ein pCO_2 -Anstieg in Abb. 8 b gegenüber.

Tab. 10 Blutgaspartialdruck-Minima -Maxima

	0,3 Vol %	0,6 Vol %	1,2 Vol %
pO_2 Max.	61,5	54,9	54,9
pO_2 Min.	54,8	30,0	5,5
pCO_2 Max.	44,4	58,6	57,1
pCO_2 Min.	40,6	42,9	43,1

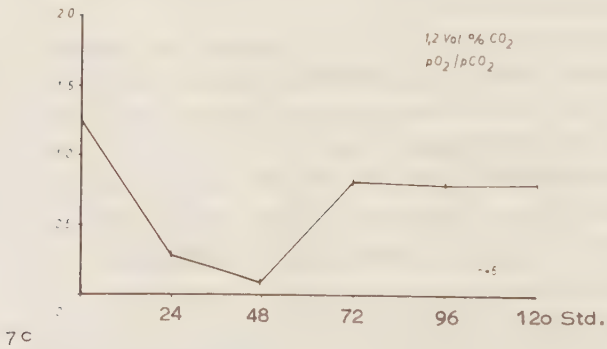
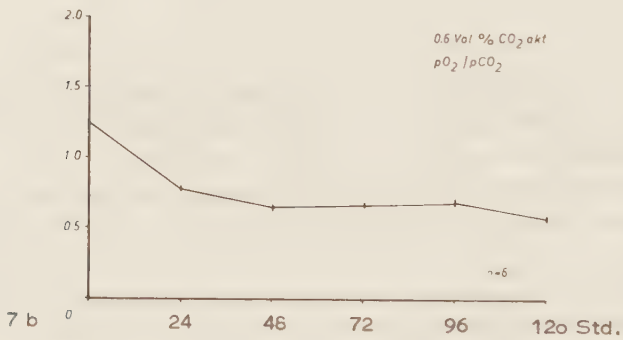
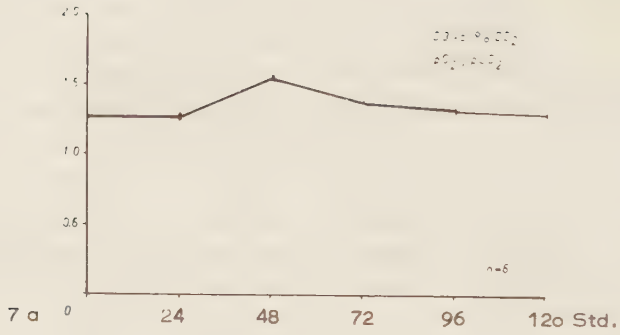


Abb. 7 Graphische Darstellung der Quotienten $p\text{O}_2 / p\text{CO}_2$ im venösen Hühnerblut. (s. Tab. 7, 8, 9)

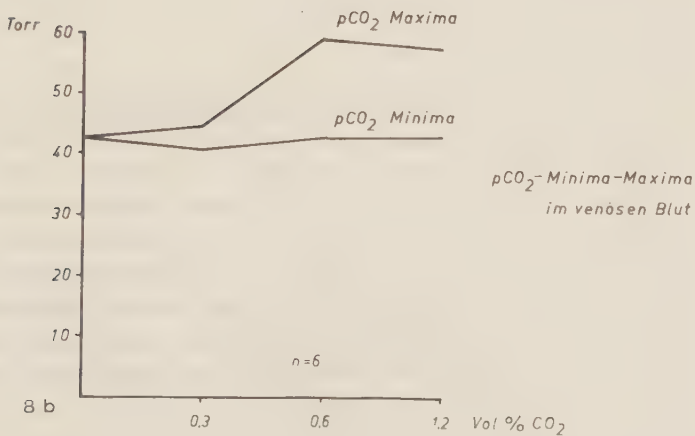
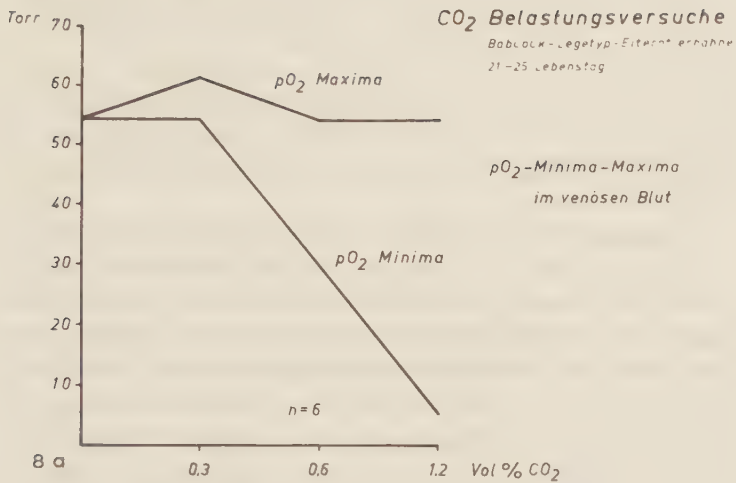


Abb. 8 Blutgaspartialdruck Minima-Maxima-Kurven im venösen Hühnerblut. (s. Tab. 10)

Aus den Beschreibungen der Kurven ist ersichtlich, daß schon in den kritischen Bereichen der CO_2 -Konzentration der DIN 18910 von 0,35 Vol % CO_2 in der Umwelt eine Reaktion des Organismus abläuft.

Innerhalb der ersten 24 Stunden nach Versuchsbeginn kommt es zu einer Vergrößerung der Standardabweichung für pO_2 , die besagt, daß innerhalb der Versuchsgruppe unterschiedliche, zeitlich abhängige Reaktionen erfolgen.

Einem leichten Blut- pCO_2 -Anstieg steht ein pH-Wert-Abfall gegenüber, der sich im Laufe der folgenden Tage wieder kompensiert.

Wäre diese endogene Antwort eine Folge von Stress, so käme es zur Hyperventilation mit einem daraus resultierenden Blut- pCO_2 -Abfall und einem pH-Anstieg. Da aber entgegengesetzte Werte vorliegen, ist die Ursache der Änderung in der CO_2 -Belastung zu suchen.

Durch Einatmen einer CO_2 -erhöhten Luft wird das Diffusionsgefälle im Respirationstrakt vermindert; um ein Äquilibrium zu erhalten, kommt es zu einer Steigerung des Blut- pCO_2 . Mit diesem CO_2 -Anstieg verläuft gleichzeitig eine Senkung des pH-Wertes.

Untersuchungen inbezug auf Atemregulation haben ergeben, daß sowohl ein pH-Abfall, als auch ein CO_2 -Anstieg (Zunahme der H-Ionen-Konzentration) eine gesteigerte Atmungsaktivität bedingt, die eine Kompensation der Werte bewirken soll.

Ob in dem vorliegenden Falle die CO_2 -Konzentration oder der pH-Abfall zu einer ventilatorischen Antwort führte, konnte nicht untersucht werden.

Im CO_2 -Belastungsversuch mit 0,3 Vol % CO_2 in der Umwelt vollzog sich im Organismus eine Reaktion, die im weiteren Verlaufe zur Kompensation führte. Wäre der CO_2 -Reiz nur kurzfristig aufgetreten, so hätte der Organismus das störende Agens entfernt und die ursprüngliche Ausgangsposition wieder eingenommen. Da die erhöhte CO_2 -Konzentration in der Umwelt aber konstant aufrechterhalten wurde, werden größere Anforderungen an das Respirationssystem des Organismus gestellt, um das optimale Körpermilieu zu erhalten.

Deutlich kommt die respiratorische Antwort auch in den Kurven der $\text{pO}_2 / \text{pCO}_2$ -Quotienten zum Ausdruck.

Bei einer Konzentration von 0,6 Vol % CO_2 in der Umwelt vermag eine wahrscheinlich ventilatorische Antwort keine Erhaltung der Normalwerte und es kommt trotz regulatorischer Bemühungen zu einer Inversion der Blutgaspartialdruckwerte. Die Standardabweichung nimmt täglich zu, am 5. Tage kommt es zu einem pH-Sturz und ein Teil der Tiere weist einen sehr geringen pO_2 auf.

In der Quotientendarstellung zeigt die Kurve ebenfalls fallende Tendenz.

Im Versuch mit 1,2 Vol % CO_2 in der Umwelt kommt es zu einem noch steileren Abfall der pO_2 -Kurve und zu einem Anstieg des pCO_2 . Während der pO_2 -Abfall bei 0,6 Vol % noch am 5. Tage anhält, ist hier der Abfall nach 48 Stunden beendet und es kommt zu einem steilen Anstieg des pO_2 , der einhergeht mit einer auffallend großen Standardabweichung für pO_2 .

Vom 3. Tage an überlagern sich die Kurven von pO_2 und pCO_2 .

Der steile pO_2 -Anstieg wird bedingt durch eine Hyperventilation, die durch einen vorhergehenden pH-Abfall ausgelöst wurde.

Im weiteren kommt es zu den von Jukes (1971) beschriebenen Anzeichen der Hyperventilation, einem pCO_2 -Abfall und pH-Anstieg (Bell 1971).

Diese Hyperventilation ist in gewissem Sinne ebenfalls eine kompensatorische Maßnahme, die aber nur dann ihr Ziel erreicht, wenn die Störgröße nur kurze Zeit einwirkt. Diese ventilatorische Reaktion des Organismus steht in gutem Einvernehmen mit dem von Duncker (1971) beschriebenen anatomischen Aufbau der Vogellunge (Hühnerlunge), der Unterteilung in eine Paleopulmo und eine Neopulmo : In der Ruhephase wird alleine durch die Ventilation der Neopulmo das Blut- pO_2 - pCO_2 -Gefälle aufrecht erhalten. Kommt es durch endogene, oder wie hier durch exogene Vermehrung des pCO_2 zu einer Störung des Diffusionsgefälles, so vermag auch eine zusätzliche Ventilation der Paleopulmo nur dann eine Kompensation der Werte, wenn die Intensität und Einwirkungsdauer der Noxe nicht zu groß ist. Dieser grobe Regulationsmechanismus selbst wird verfeinert durch ein im Blute und Gewebe befindliches Autoregulationssystem. Eine Zentralstellung in diesem System nimmt das Hämoglobin ein, ein Eiweißkörper, der aufgrund seines Reaktionsmechanismus mit O_2 ein idealer Sauerstoffträger ist.

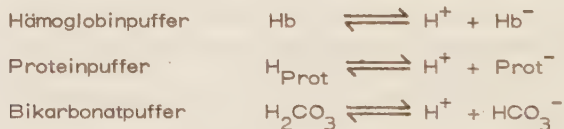
Im Verlaufe der Diffusion der Gase im Lungengewebe kommt es zu einer reversiblen Bindung von O_2 an das Hämoglobin. Jedes Hämoglobin kann 4 Moleküle O_2 binden und im Gewebe wieder abgeben.

Hier verbindet sich das entstehende CO_2 mit Aminogruppen von Eiweißkörpern zu Carbamino-Verbindungen.

Durch eine Molekularverschiebung im Hb kommt es durch Anlagerung eines Sauerstoffmoleküls zu einer erleichterten Bindung des nächsten; das vierte Molekül hat somit eine vielfache Affinität gegenüber jener des ersten.

Aufgrund dieses Reaktionsmechanismus ist die S-förmige O_2 -Dissoziationskurve zu verstehen, die von Morgan und Chichester (1935) aufgestellt wurde. Die Dissoziationskurve des Sauerstoffs zeigt beim Hühnerblut gegenüber der Säuger eine Rechtsverschiebung, d.h., das Hühnerblut hat eine geringere Affinität zu O_2 und kann, wie in dieser Arbeit aufgezeigt, eher Veränderungen aufweisen als CO_2 .

Um die pH-Werte im optimalen Bereiche zu erhalten, kommen im Blut drei Puffersysteme vor :



Wird dem Blute eine starke Säure zugeführt, so werden die drei Pufferhauptreaktionen nach links verschoben.

Zugeführte Säuren oder Basen werden über diese Systeme abgepuffert. Wird durch länger anhaltende Einwirkung das Puffersystem verbraucht, oder in seiner optimalen Wirkung eingeschränkt, so kommt es zu einer Veränderung der Normalwerte.

Im 0,3 Vol % CO_2 -Belastungsversuch bedingt eine H^+ -Ionen-Konzentrationszunahme eine ventilatorische Antwort innerhalb der ersten 24 Stunden.

Ferner verschiebt der pH-Abfall die O_2 -Dissoziationskurve nach rechts; daraus resultiert wiederum eine verminderte O_2 -Affinität zum Hb und die Sauerstofftransportkapazität wird vermindert (Bohr - Effekt).

Der damit verbundene Abfall der O_2 -Sättigung des Hb beim Durchgang des Blutes durch das Gewebe verbessert seine Pufferkapazität, da nicht-oxygeniertes Hb mehr H^+ bindet als Oxi-Hb..

Hiermit verbunden ist eine Erhöhung der CO_2 -Kapazität (Haldane-Effekt). Durch diese Regelmechanismen kommt es schließlich zur Kompensation der gestörten Werte.

In den beiden folgenden Versuchen vermochte das endogene Regulations-system keine Wiederherstellung der Normalwerte zu bewirken.

Auch wenn der Organismus in dieser Phase der Belastung ein scheinbar funktionstüchtiges System darstellt, so ist eine Haltung der Tiere unter diesen Vorzeichen nicht als tierschutzgerecht zu beurteilen.

Bei den Versuchen hat sich ergeben, daß eine CO_2 -Konzentration über 0,3 Vol % im Blut fallende pO_2 -Werte (pO_2 -Minima) und höhere CO_2 -Partialdrucke (pCO_2 -Maxima) bewirkt.

Eine CO_2 -Konzentration von 0,3 Vol % in der Umwelt selbst bedingt eine Reaktion des Organismus, die durch autoregulatorische Maßnahmen wieder kompensiert werden kann.

Dieser Wert von 0,3 Vol % CO_2 in der Umwelt sollte bei den Legetyp-Tieren die oberste Grenze sein, wenn auch mit zunehmendem Alter eine Verschiebung der O_2 -Dissoziationskurve nach rechts eintritt, die Pufferkapazität dadurch verstärkt und die O_2 - Affinität vermindert wird. Diesem Zugewinn der Pufferkapazität steht aber eine durch Eischalenbildung entstehende metabolische Acidose gegenüber, die neben anderen Parametern das endogene Regelsystem belasten . (Bell, 1971)

20. Folgerungen für eine tierschutzgerechte Haltung.

Eingangs wurde dargelegt, daß die Untersuchungen auch unter dem Gesichtspunkte des Tierschutzes von Bedeutung sind.

Im § 1 des Tierschutzgesetzes vom 24. Juli 1972 wird gefordert, daß niemand einem Tier ohne vernünftigen Grund Schmerzen, Leiden oder Schäden zufügen darf.

Es ist nunmehr zu überlegen, ob und ab welcher Konzentration der CO_2 -Gehalt in der Stallluft die Küken so beeinflusst, daß eines der drei im Gesetz angesprochenen Kriterien erfüllt wird. Es ist fraglich, ob eine erhöhte CO_2 -Konzentration in der Umwelt Schmerzen beim Tier hervorrufen kann; zumindest beim Huhn sind Schmerzen qualitativ und quantitativ nur bedingt nachweisbar. Die euphorisierende Wirkung des Kohlendioxides in höheren Konzentrationen, die beim Menschen bekannt ist, steht der Schmerzwirkung jedenfalls entgegen.

Angesprochene Leiden werden im Versuch mit steigenden CO_2 -Werten in der Umwelt bei 6 % bzw. 10 % CO_2 erfüllt; bei diesen Konzentrationen leiden die Mast- bzw. Legetypküken an Atemnot.

Helbacka (1969) beobachtete diese Form der Atemnot neben verminderter Futter- und Wasseraufnahme ebenfalls bei 5 % CO_2 in der Umwelt bei Legehennen; die Versuchstiere legten weniger und dünnchalige Eier. Nach den vorgelegten Untersuchungen bewirkt eine CO_2 -Konzentration über 0,3 % CO_2 in der Umwelt eine Änderung der Blutgaspartialdrucke im Blut der Küken. Die durch den Einfluß des CO_2 hervorgerufene Verschiebung des Säure - Basen - Gleichgewichtes im Blut hat Folgen, die auf einer gestörten Mineralstoffverteilung im Organismus beruhen. Erhöhte CO_2 -Konzentrationen in der Umwelt können somit als Faktor im Gesamtgeschehen Entgleisungen des Stoffwechsels hervorrufen, die zu einem Verlust der optimalen Enzymaktivität und einem gestörten Mineralstoffverhältnis führen; dies trifft nicht nur alleine für das Blut zu, sondern für alle Zellen des Organismus.

Die als Perosis, Osteomalazie und Käfigmüdigkeit bezeichneten klinischen Erkrankungen werden sicher im Einzelfalle nicht nur von den heute als Ursache genannten Mängeln hervorgerufen.

Aus den tabellarischen Zusammenfassungen der stallklimatischen Untersuchungen durch Post (1965) ist herauszulesen, daß in den Betrieben mit über 0,3 % CO_2 in der Umwelt " Federfressen " auftrat.

Nur eine verbesserte Haltung der Tiere in bezug auf Luftqualität wird in Zukunft neben tierschutzgerechten auch wirtschaftlich befriedigende Ergebnisse in der Intensivhaltung erbringen.

F. Zusammenfassung

Die Wirtschaftlichkeit einer modernen, tierschutzgerechten Geflügelintensivhaltung ist in erheblichem Maße von hygienischen Bedingungen in den Geflügelstallungen abhängig.

Bei den hohen Tierkonzentrationen kommt der Luftqualität eine besondere Bedeutung zu. Angaben über die CO_2 -Werte in den Geflügelintensivställen und ihre Auswirkung auf Wohlbefinden, Leistung und Gesundheit der Tiere sind in der Literatur selten (Scholz 1971). Zwischenfälle, insbesondere bei Winterbelüftung, lassen es als sicher erscheinen, daß die in der DIN 18910 (Klima im geschlossenen Stall) angegebenen Werte zu hoch liegen.

Die in der Literatur unterschiedlich angegebenen venösen Blutgaswerte wurden für Tiere unterschiedlicher Rasse und Haltungsform überprüft. Ein Vergleich verschiedener Blutentnahmemethoden führte zur Ermittlung eines optimalen Verfahrens.

Unterschiedliche Kohlendioxidkonzentrationen in der Umwelt ergaben unter Versuchsbedingungen eine meßbare Reaktion des Organismus. Diese Reaktion ist abhängig vom genotypisch definierten Leistungstyp. (Lege- bzw. Masttyp)

Als maximale CO_2 -Konzentration in der Umwelt ist bei der Aufzucht von Legeküken der Wert von 0,3 Vol % CO_2 anzusehen; hier vermag eine autoregulatorische Kompensation über die Regelsysteme die Wiederherstellung der Normalwerte herbeizuführen, wenn auch unter erhöhter Belastung.

Weitere Untersuchungen dieses Problems müssen insbesondere unter verfeinerten Meßverfahren und unter Berücksichtigung des Sauerstoffpartialdruckes in der Umwelt erfolgen.

9. Deutsch, E. Untersuchungen über den Einfluß der Bauart
der Stallungen und der Führung der Luft.
Diss.Vet. Berlin , 1928.
10. Duncker, H.-R. The lung air sac system of birds.
Springer Verlag Berlin Heidelberg New York
Band 45, Heft 6, 1971.
11. Drägerwerk AG
Lübeck Konzentrationsbestimmung mit Dräger-Röhrchen.
Physikalische und toxikologische Daten.
12. Freeman, B.M. The fowl and its physical Environment.
Wld.Poult.Sci. J. 25 , 99 - 112 , 1969.
13. Fritsche, K.
Trautwein, K. Aufzuchtthygiene und Aufzuchtkrankheiten der
Haustiere.
DLG-Verlag , Frankfurt / M. , 1962.
14. Ganong, W.F. Medizinische Physiologie
Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York
2. Aufl. , 1972
15. Gleichmann, U.
Lübbbers, D.W. Die Messung des Kohlensäuredruckes in Gasen
und Flüssigkeiten mit der pCO_2 -Elektrode unter
besonderer Berücksichtigung der gleichzeitigen
Messung von pO_2 und pCO_2 u. pH im Blut.
Pfl. Arch. 271 , 456 - 472 , 1960 .
16. Gothe, R.
Riethmüller, H. Untersuchungen über den Partialdruck von
Kohlendioxid und Sauerstoff sowie den pH-Wert
des Blutes bei der durch Argas (Persicargas)
persicus Larven induzierten Zeckenparalyse der
Hühner.
Zbl. Vet. Med. B. , 19 , 217 - 220 , 1972 .

17. Hafez, E.S.E. Adaption of Domestic Animals.
Lea & Febiger, Philadelphia, 1968.
18. Haseloff, O.W.
Hoffmann, H.-J. Kleines Lehrbuch der Statistik.
Walter De Gruyter & Co, Berlin, 1968.
19. Hazelhoff, E.H. Structure and function of the lung of birds.
Poult.Sci. 30, 3 - 10 , 1951 .
20. Helbacka et al.
Casterline, J.L.
Smith, C.J. The effect of high CO₂ atmosphere on the
laying hen.
Poult.Sci. 42, 1082 - 1084 , 1963.
21. Herzog, K. Anatomie und Flugbiologie der Vögel.
Gustav Fischer Verlag Stuttgart, 1968 .
22. Hilliger, H.G. Beitrag zur Entstehung von Gasen aus Tief-
streu und Kotgrube in Hühnerställen.
Arch. Gefl. Kd. 30, 69 - 86 , 1966.
23. Hohenheimer
Arbeiten Tierische Produktion
Verlag Eugen Ulmer, 1971.
24. Horton, C.
Smith, J.
Amoroso, E.C. Physiology of Domestic Fowl.
Oliver & Boyd , Edinburg - London , 1966.
25. King, A.S. The structure and function of the respiratory
pathways of Gallus domesticus.
Vet. Res. 68 , 544 - 547 , 1956 .

26. Kösters, J.
Müller, W. Über die Arbeitsbedingungen in Geflügel-
intensivhaltungen.
Mitteilungen der DLG, Heft 37, 1146-1148, 1968.
27. " CO₂ der Stallluft in Intensivbetrieben mit
unterschiedlichen Haltungsformen, 1970.
28. Kösters, J. Die bakterielle Exposition des Personals in
Massengeflügelhaltungen.
Zbl.Vet.Med. B 17 , 154 - 158 , 1970 .
29. Lebeda, M.
Bouda, J.
Illek, J.
Kučera, A.
Najmanova , V. Normal and subaquatic Acid-Base, Gas and
Mineral Values in Blood of ducks.
Acta Vet. 40 , 1971, 3.
University School of Veterinary Medicine, Brno.
30. Lehmeier, B. Untersuchungen über den CO₂- und Wasser-
dampfgehalt der Stallluft.
Diss. Vet. München, 1927.
31. Mayer, A.
Schließer, Th.
Merk, W. Infektion - Infektionskrankheit - Seuche.
Mitteilungen für Tierärzte
Dr. Rentschler und Co., 22. Jahrg., 4 , 1969.
32. Paeslack, U. Wasserdampfabgabe von Rind, Schwein und
Huhn.
Berichte über Stallklimafaktoren, ALB-Be-
richtsheft 24 , DLG Verlag Frankfurt /M.
25 - 44 , 1965.

33. Piiper, J.
Pfeifer, K.
Scheid, P. Carbon monoxide diffusion capacity of the respiratory system of the domestic fowl. *Respir. Physiol.* 6 : 309 - 317 .
34. Piiper, J.
Drees, F.
Scheid, P. Gas exchange in the domestic fowl during spontaneous breathing and artificial ventilation. *Respir. Physiol.* 9 : 234 - 245 , 1970.
35. Pilaski, J. Vergl. Untersuchungen über den Hb-Gehalt des Hühner- und Putenblutes in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht. *Archiv f. Geflügelkde.* , 36 , Heft 3, 1972
36. Post, H.A. Stallklimatische Untersuchungen in Intensiv-geflügelhaltungen der Landkreise Eggenfelden und Pfarrkirchen. *Diss. Vet. München* , 1965.
37. Ray, P.J.
Fredde , M.R. Responses to alteration in respiratory pO_2 and pCO_2 in the chicken. *Respir. Physiol.* 6 : 135 - 143 - 1969
38. Rein
Schneider, M. Physiologie des Menschen
Springer Verlag Berlin-Heidelberg-New York
15 , 1966.
39. Romijn, C.
Lokhorst, W. Heat Regulation and Energy Metabolism.
in: *Physiology of dom. Fowl*, Horton , Smith
Amoroso , -Oliver & Boyd , 1966.

40. Rosterfer, R.H.
Rigdon, R.H. The relation of blood oxygen transport to
resistance to anoxia in chicken and ducklings.
Biol.Bull. 92, 23 - 30.
41. Scheid, P.
Piiper, J. Messungen einiger atemphysiologischer
Größen am Huhn.
Pfl. Arch. ges. Phys. 297, R 46, 1967
42. " Messungen zum Gasaustausch beim Huhn.
Vergleich mit einem Modell der Vogellunge.
Pfl. Arch. ges. Phys. 300, 17, 1968
43. dieselben Volume, Ventilation and compliance of the
respiratory tract in the domestic fowl.
Respir. Physiol. 6: 298 - 308, 1969.
44. dieselben Analysis of gas exchange in the avian lung.
Theory and experiments in the domestic
fowl.
Respir. Physiol. 9 : 246 - 262, 1970.
45. Scholtyssek, S. Mast von Junggetügel
P. Parey Verlag, Berlin, 1961.
46. Scholz, K. Die hygienischen Anforderungen an die Umwelt
intensiv gehaltener Hühner.
Diss. Vet. Gießen, 1971.
47. Stephan, E. Umwelteinflüsse auf Leistung und Gesundheit
unter modernen Tierhaltungsverfahren.
Frankfurter Referierabend, 16. März 1972
Inst.f. Tierzucht u. Vererbungsforschung
der Tierärztlichen Hochschule Hannover.

48. Sturkie, P.D. Avian Physiology
Comstock Publishing Associates
a division of Cornell Univers. Press
Ithaca - New York , 2 , 1965.
49. Wastl, H.
Leiner, G. Beobachtungen über die Blutgase bei Vögeln.
Pfl. Arch. ges. Phys. , 227 , 367 - 474 , 1931.
50. Wekstein, D.R.
Zolman, J.F. Homothermy development of the young chicken.
Proc.Soc.Exper.Biol.Med.
New York 125 , 294 - 297 , 1967.
51. Wels, A.
Horn, V. Beitrag zur Hämoglobin-Bestimmung im Blut
des Geflügels.
Zbl. Vet. Med. , Reihe A, 12, 663, 1965.
52. Wels, A. Die altersabhängige Dynamik erythrozytärer
Merkmale.
Habil. Vet. Med. , Gießen, 1967.

Herrn Professor Dr. H. Geissler danke ich herzlich
für die Überlassung des interessanten Themas und die
Unterstützung meiner Arbeit.

Mein Dank gilt auch den Herren Professoren Dr. H. Eder
und Dr. A. Wels des Veterinärphysiologischen Institutes
für die intrafakultative Zusammenarbeit beider Institute.

Herrn Professor Dr. J. Kösters danke ich sehr für seine
Betreuung und die Möglichkeit zur freien Arbeitsplanung
im Rahmen der Versuche und die offenen Diskussionen.

Den Mitarbeitern beider Institute sei an dieser Stelle
besonders gedankt für das in allen Zeiten angenehme
Arbeitsklima und die stete Hilfsbereitschaft.

H. Mein Lebenslauf

Ich wurde als Sohn des Drogisten Ottkar Eidmann und seiner Ehefrau Gertrud, geb. Merkle, am 4. Juli 1946 in Gießen geboren.

Von 1953 bis 1958 besuchte ich die Volksschule in Lollar und verließ nach dem Abitur 1966 die Herderschule in Gießen.

Am 17. 11. 1966 begann ein neuer Ausbildungsabschnitt in der Veterinärmedizinischen Fakultät der Justus Liebig-Universität in Gießen, an der ich

1967 die Vorprüfung

1968 das Physikum

1969 das Propädeutikum

1970 das Hygienikum und

1971 den letzten Abschnitt der Tierärztlichen Prüfung ablegte.

Die Bestallung als Tierarzt wurde mir im Dezember 1971 erteilt.

In der Zeit von Januar 1972 bis März 1973 war ich Doktorand unter Professor Dr. H. Geißler im Institut für Geflügelkrankheiten im Fachbereich Veterinärmedizin der Justus Liebig-Universität in Gießen, an der ich seit Oktober 1972 im Fachbereich Medizin eingeschrieben bin.

